Geography and Sustainability of Environment
journal homepage: http://ges.razi.ac.ir/

Print ISSN: 2322-3197
Online ISSN: 2676-5683

Deforestation Risk Zoning Using Analytical Hierarchy Process

Hiva Mahmoudi[1], Mahtab Pir Bavaghar[2*], Parviz Fatehi[3]

[1] *Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran*
[2] *Department of Forestry, The Center for R&D of Northern Zagros Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran*
[3] *Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran*

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:
Received 11 October 2020
Accepted 9 December 2020
Available online 15 December 2020

Keywords:
Deforestation, Group Decision Making, Multi Criteria Decision Making, Zagros Forests.

Citation: Mahmoudi, H., Pir Bavaghar, M., Fatehi, P. (2020). Deforestation Risk Zoning Using Analytical Hierarchy Process. *Geography and Sustainability of Environment, 10* (3), 91-106.
doi: 10.22126/GES.2020.5799.2299

ABSTRACT

This study aimed to identify the most influential factors in deforestation using multi-criteria decision-making method in a part of northern Zagros forests in Iran with a total area of 9177 hectares. Identifying the most important factors affecting deforestation, these factors were classified into three main criteria: human factors, natural factors and physiographic factors. By establishing hierarchical structure and performing pairwise comparisons, we determined the weight and importance of the main criteria and the sub-criteria. The final weight of each of the ten sub-criteria was extracted by combining the opinions of experts. After preparing the maps related to each of the sub-criteria, these maps were converted into standardized scale maps using the linear scale conversion method. In the final step, with the overlapping and integration of all sub-criteria maps, the zoning map of areas susceptible to deforestation was prepared in four groups with low risk, medium risk, high risk and very high risk. According to the results, 3.25% of the territory was located in very high-risk, 55.92% in high-risk, 40.45% in moderate-risk and 0.38% in low-risk zone. Accuracy assessment was done by comparing the deforestation risk zoning map with real deforestation map of the study area. The results showed that 77.81% of the areas that has deforested in this period was located in high-risk and very high-risk zones. This amount of accuracy supported the efficiency of Multi Criteria Decision Making Method in deforestation zoning. Similar studies confirm the effectiveness of multi-criteria decision analysis systems and the presentation of GIS-based models in deforestation risk zoning.

*. Corresponding author E-mail address: bavaghar@uok.ac.ir

جغرافیا و پایداری محیط
وبگاه نشریه: http://ges.razi.ac.ir/
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

هیوا محمودی[۱]، مهتاب پیرباوقار[۲*]، پرویز فاتحی[۳]

[۱] گروه جنگل‌داری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
[۲] گروه جنگل‌داری و مرکز پژوهش و توسعهٔ جنگل‌داری زاگرس شمالی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
[۳] گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مشخّصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت ۲۰ مهر ۱۳۹۹
پذیرش ۱۹ آذر ۱۳۹۹
دسترسی آنلاین ۲۵ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:
تخریب جنگل، تصمیم‌گیری گروهی، تصمیم گیری چندمعیاری، جنگل‌های زاگرس.

استناد: محمودی، هیوا؛ پیرباوقار، مهتاب؛ فاتحی، پرویز (۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۰ (۳)، ۹۱-۱۰۶.
doi: 10.22126/GES.2020.5799.2299

چکیده

نوشتار پیش رو با هدف شناسایی عوامل مؤثّر بر کاهش گسترهٔ جنگل و پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل، در بخشی از جنگل‌های حوضهٔ آرمردهٔ شهرستان بانه واقع در زاگرس شمالی با مساحت ۹۱۷۷ هکتار انجام شده است. با شناسایی عوامل تأثیرگذار بر کاهش گسترهٔ جنگل، این عوامل در قالب سه معیار اصلی عوامل انسانی، طبیعی و فیزیوگرافی دسته‌بندی شدند. با تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی و انجام مقایسه‌های زوجی، ترتیب وزن و اهمّیت معیارهای اصلی و زیرمعیارها در مقایسه باهم مشخّص و با ترکیب نظرات کارشناسان، وزن نهایی هرکدام از زیرمعیارهای ده‌گانه استخراج شد؛ پس از تهیهٔ نقشه‌های مربوط به هریک از زیرمعیارها، این نقشه‌ها با استفاده از روش تبدیل مقیاس خطّی به نقشه‌های معیار استانداردشدهٔ وزنی تبدیل شدند. در گام آخر با روی‌هم‌گذاری و تلفیق همهٔ نقشه‌های زیرمعیارها، نقشهٔ پهنه‌بندی مناطق مستعدّ وقوع تخریب در چهار گروه با خطر کم، خطر میانگین، خطر زیاد و خطر خیلی‌زیاد تهیه شد. براساس نقشهٔ پهنه‌بندی به‌دست‌آمده، ۳/۲۵٪ از محدودهٔ مورد مطالعه در پهنهٔ خطر خیلی‌زیاد؛ ۵۵/۹۲٪ در پهنهٔ خطر زیاد؛ ۴۰/۴۵٪ در پهنهٔ خطر میانگین و ۰/۳۸٪ در پهنهٔ خطر کم قرار می‌گیرد. نتایج ارزیابی صحّت نقشهٔ پهنه‌بندی براساس استفاده از نقشهٔ واقعی کاهش گسترهٔ جنگل، نشان داد که ۷۷/۸۱٪ از مناطقی که در نقشهٔ واقعیّت زمینی تخریب شده‌اند؛ در نقشهٔ پهنه‌بندی در مناطق با خطر زیاد و خطر خیلی‌زیاد قرار دارند. این میزان صحّت، کارایی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مکانی در پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل را تأیید می‌کند. پژوهش‌های مشابه انجام‌شده نیز کارایی سیستم‌های تحلیل تصمیم چندمعیاری و ارائهٔ مدل‌های مبتنی بر سیستم اطّلاعات جغرافیایی را در پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل تأیید می‌کنند.

*. رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: bavaghar@uok.ac.ir

مقدّمه

جنگل‌های زاگرس با سطحی حدود پنج میلیون هکتار، وسیع‌ترین رویشگاه جنگلی کشور هستند که ازنظر تولید فراورده‌های چوبی جزء جنگل‌های تجارتی به‌شمار نمی‌روند، ولی ازنظر حفاظت از منابع آب‌وخاک و تولید محصولات غیر چوبی و ارزش‌های زیست‌محیطی، اهمّیت ویژه‌ای دارند (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲: ۶۰۰). گونهٔ اصلی در این جنگل‌ها بلوط ایرانی[1] است؛ به همین دلیل به آن‌ها جنگل‌های بلوط غرب نیز گفته می‌شود (پورهاشمی، ۱۳۸۲: ۱۶۶). جنگل‌های زاگرس شمالی به‌عنوان بخشی از این جنگل‌ها در سال‌های اخیر به‌دلیل دخالت‌های بی‌رویهٔ انسان و وابستگی مردم به آن، دست‌خوش تغییرات زیادی شده است (نکوئی‌مهر و همکاران، ۱۳۸۵). مدیران و دست‌اندرکاران حفاظت جنگل به‌مثابهٔ تصمیم‌سازان مقولهٔ حیات پایدار جنگل، همواره با چالش‌های فراوانی در مسیر تصمیم‌گیری درست که به توسعهٔ پایدار جنگل منجر شود روبه‌رو بوده‌اند (کوکاس[2]، ۲۰۱۰). یکی از این چالش‌ها درک روند تخریب جنگل و عوامل ایجاد آن است که همواره اهمّیت زیادی داشته است؛ زیرا حیات بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری به وجود جنگل وابسته بوده و خواهد بود (پوخریال[3] و همکاران، ۲۰۲۰؛ گراشف-بوکدمن[4]، ۱۹۹۷؛ گیبس[5]، ۱۹۹۷). شناسایی عوامل مؤثّر در کاهش گسترهٔ جنگل و پهنه‌بندی مناطق مستعدّ وقوع تخریب از این نظر که مدیر جنگل را برای تمرکز فعّالیت‌های حفاظتی و اصلاحی در نقاط بحرانی کمک می‌کند، بسیار اساسی است (توکر[6] و همکاران، ۲۰۰۵).

استفادهٔ ترکیبی از سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی[7] و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری[8] که به‌طور کلّی سامانهٔ پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی[9] نامیده می شود، به‌طور گسترده برای تحلیل مسائل مکانی پیچیده استفاده می‌شود و روش کمابیش کارایی برای تصمیم‌گیری است (چاندیو[10] و همکاران، ۲۰۱۳؛ مارکوپولوس[11] و همکاران، ۲۰۰۳). درواقع تحلیل تصمیم چندمعیاری مکانی را می‌توان در قالب سامانه‌ای مرکّب از اطّلاعات جغرافیایی به‌عنوان ورودی سامانه و تصمیم نهایی به‌مثابهٔ خروجی آن تعریف کرد (دروبن و لیس[12]، ۲۰۰۹). به‌کاربردن معیارهای بیشتر و مؤثّر بر هدف، صرف زمان کمتر، افزایش دقّت نتایج، استفاده از نظرات کارشناسان به‌صورت گروهی و انفرادی، تولید، استفاده و استخراج داده‌های رقومی از مزایای استفاده از سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری در قالب سامانهٔ پشتیبان تصمیم‌گیری است (مالچفسکی[13]، ۲۰۰۴؛ ناصری و همکاران، ۱۳۸۸).

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[14] یکی از متداول‌ترین روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری است که در پهنه‌بندی مناطق پرخطر بسیار استفاده شده است. پژوهشگران زیادی به کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی درزمینهٔ ارزیابی جنگل‌زدایی، پهنه‌بندی خطر تخریب و شناسایی عوامل اصلی آسیب‌پذیری جنگل پرداخته‌اند

1- Quercus branti lindl
2- Kučas
3- Pokhriyal
4- Grashof-Bokdman
5- Gibbs
6- Tucker
7- Geographic Information System (GIS)
8- Multi-Criteria Decision-Making Analysis (MCDM)
9- Spatial Decision Support System
10- Chandio
11- Makropoulos
12- Drobne & Liesc
13- Malczewski
14- Analytical Hierarchy Process (AHP)

(پوخریال و همکاران، ۲۰۲۰؛ پیرباوقار[1] و همکاران، ۲۰۱۹؛ کندور[2] و همکاران، ۲۰۱۱). زمانی‌که پیچیدگی مسائل تصمیم‌گیری بالا باشد، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری می‌تواند راه‌حلّ منطقی و مورد اجماعی را برای مسئله‌ای با معیارهای متضاد و چندوجهی شامل مسائل اجتماعی، اقتصادی و زیستی بیابد (کندور و همکاران، ۲۰۱۱). دربارهٔ روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاری، مقایسهٔ روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و فازی در پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل نشان‌دهندهٔ کارایی یکسان هردو روش در پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل بوده است (پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹). کوکاس (۲۰۱۰) نیز قابلیت سیستم چندمعیارهٔ مکانی در پهنه‌بندی خطر تخریب توده‌های جنگلی را با استفاده از دو روش تحلیل چندمعیاری مکانی آزموده است. مدل به‌دست‌آمده، کارایی کمابیش یکسان سیستم‌های چندمعیارهٔ مکانی در تلفیق با سیستم اطّلاعات جغرافیایی را در پهنه‌بندی خطر تخریب مناطق جنگلی تأیید کرد.

پژوهش‌های بسیاری درمورد مدل‌سازی تخریب در جنگل‌های شمال و غرب ایران انجام گرفته است. این پژوهش‌ها بیشتر بر استفاده از رگرسیون لجستیک تمرکز داشته‌اند (باقری و شتایی جویباری، ۱۳۸۹؛ آرخی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مهدوی و همکاران، ۱۳۹۷). درکنار تأکید بر ضرورت انجام این‌چنین پژوهش‌هایی که می‌توانند نقش مهمّی در سیاست‌گذاری و اجرای برنامه‌های پیشگیرانه و حفاظتی داشته باشند، توجّه ویژه به عوامل اجتماعی و انسانی در این‌گونه مدل‌سازی‌ها توصیه شده است. پژوهش‌های پیشین معیار فاصله از مناطق مسکونی را استفاده کرده‌اند. در نوشتار پیش رو افزون بر عوامل فیزیوگرافی، طبیعی و انسانی استفاده‌شده در دیگر پژوهش‌ها، نقش سایر معیارهای اجتماعی و انسانی همچون تعداد دام و جمعیّت روستایی که در پژوهش‌های پیشین استفاده نشده بود نیز مدّنظر قرار گرفته است.

با توجّه به نتایج پژوهش‌های انجام‌شده درخصوص کارایی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری درزمینهٔ بررسی مشکلات جنگل‌زدایی، جستار حاضر با درک ضرورت انکارناپذیر نماسازی الگوهای مکانی کاهش سطح جنگل می‌کوشد تا با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، یکی از کاربردی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری مشارکتی، در تلفیق با سیستم اطّلاعات جغرافیایی و برمبنای بهره‌گیری از نظرات کارشناسان متخصّص در بخش جنگل، روند تغییرات جنگل محدودهٔ مورد مطالعه را بازسازی کرده و با شناسایی کانون‌های تخریب عرصهٔ جنگلی مورد پژوهش (مناطق پرخطر ازنظر جنگل‌زدایی)، اهمّیت توجّه و برنامه‌ریزی برای این مناطق را یادآور شود.

براساس مطالب یادشده، اهدافی که در نوشتار پیش رو دنبال می‌شوند عبارت‌اند از: شناخت عوامل مؤثّر بر تخریب جنگل در منطقهٔ مورد بررسی و درک ترتیب اهمّیت و شدّت و ضعف عملکرد هر عامل در مقایسه با سایر عوامل و همچنین استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی برای پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل.

معرّفی منطقه مورد بررسی

منطقهٔ مورد مطالعه به مساحت ۹۱۷۷ هکتار در فاصلهٔ سیزده کیلومتری از جنوب غربی شهرستان بانه در استان کردستان و در طول جغرافیایی "۱۵/۹ ′۴۴ °۴۵ تا "۲۳/۹ ′۵۳ °۴۵ شرقی و عرض جغرافیایی "۱۴/۵ ′۵۱ °۳۵ تا "۴۶/۱ ′۵۷ °۳۵ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه در یکی از چهار بخش اصلی شهرستان بانه، یعنی در شهر آرمرده قرار دارد. شهر آرمرده دارای ۵۵ روستا و ۱۵۰ کوخ است. کوخ‌ها، واحدهای جمعیّتی و خرده‌سامان‌هایی هستند که در اطراف روستای اصلی و به‌طوعمده در مناطق جنگلی استقرار یافته‌اند و دارای یک تا ده خانوار بوده و به‌طور مستقیم و غیر مستقیم چه ازنظر مصارف سوختی و چوبی و چه برای علوفهٔ دام‌های خود،

1- Pir Bavaghar
2- Cóndor

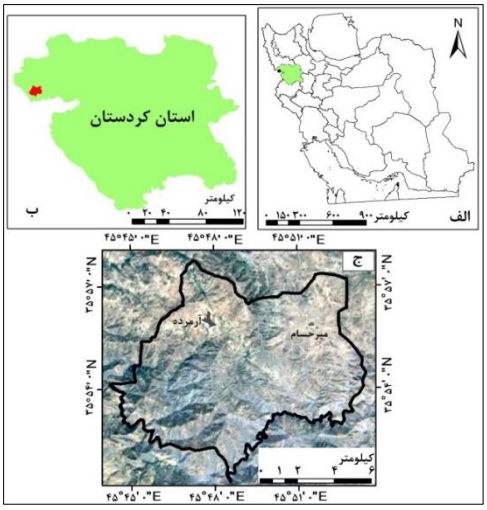
به جنگل و فراورده‌های آن وابسته‌اند. کم‌ارتفاع‌ترین نقطه دارای ارتفاع ۱۲۲۰ متر بوده و مرتفع‌ترین نقطه ۱۹۶۰ متر ارتفاع دارد. شیب منطقهٔ مورد مطالعه از ۰٪ تا ۲۴۰٪ متغیّر است (غضنفری و همکاران، ۱۳۸۲). میانگین بارندگی سالیانه براساس آمار ایستگاه هواشناسی بانه ۶۶۹/۶ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دما به‌ترتیب ۸/۸ و ۱۸/۸ درجهٔ سانتی‌گراد است. جنس غالب جنگل‌های منطقهٔ مورد مطالعه را بلوط تشکیل می‌دهد که در این محدوده شامل سه گونه بروادر[1]، وی ول[2] و مازودار[3] است.

مواد و روش‌ها

شناسایی و تعیین معیارهای مؤثّر بر کاهش گسترهٔ جنگل

انسان هم به‌واسطهٔ حضور مستقیم خود و استفاده از فراورده‌ها و محصولات چوبی و جنگلی و هم با ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز برای بقا و آسایش خود، از جنگل استفاده می‌کند. در این‌میان عوامل طبیعی و فیزیوگرافی نیز گاه می‌توانند جزو عوامل تسهیل‌کنندهٔ دسترسی انسان به جنگل مطرح باشند. مشخّصهٔ بارز جنگل‌های مورد مطالعه، پراکنش خانوارهای ساکن (کوخ‌ها) در جنگل است. کانون‌های جمعیّتی مختص به این منطقه که خرده‌سامان‌هایی با کمتر از ده خانوار را شامل می‌شود، به‌طور گسترده در کلّ محدوده پراکنده شده و می‌توان گفت که انسان از دیرباز کمابیش در همه‌جای جنگل حضور داشته و از جنگل امرار معاش می‌کند.

یکی دیگر از علّت‌های اصلی تخریب جنگل، تخریب آن به‌قصد تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی است. در منطقهٔ مورد پژوهش نیز با توجّه به شغل مردم منطقه که پس از دامداری، کشاورزی اصلی‌ترین منبع درآمد آن‌هاست (غضنفری[4] و همکاران، ۲۰۰۴)، تبدیل اراضی به زمین‌های زراعی و باغی به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های تأثیرگذار بر روند کاهش سطح جنگل مطرح است که در پژوهش پیش رو بررسی شده است؛ از سوی دیگر، استفاده‌های تجاری از فراورده‌های چوبی جنگل، تبدیل اراضی و برداشت چوب به‌عنوان منبع سوخت نیز سهم عمده‌ای در تخریب جنگل‌ها دارند (گورته و شیخ[5]، ۲۰۱۰).



شکل ۱. الف: موقعیّت منطقهٔ مورد مطالعه در ایران؛ ب: استان کردستان؛ ج: محدودهٔ منطقهٔ مورد مطالعه در تصویر گوگل‌ارث[6]

1- Quercus persica
2- Quercus libani
3- Quercus infectoria
4- Ghazanfari
5- Gorte & Sheikh
6- Google Earth

از دیگر عوامل مهم در تخریب عرصه‌های منابع طبیعی، گسترش نامتعارف و ناهمگون حریم جاده است (نکوئی‌مهر و همکاران، ۱۳۸۵)؛ همچنین وجود جاده به‌مثابهٔ عامل تسهیل‌کنندهٔ دسترسی انسان به عرصهٔ جنگلی و گسترش فعّالیت‌های مخرّب می‌تواند مطرح باشد؛ به همین دلیل، فاصله از جاده از معیارهای مهم در بررسی تغییرات پوشش منطقه درنظر گرفته می‌شود و در جنگل‌های زاگرس نیز به‌نظر می‌رسد تأثیر مشابهی داشته باشد (پیرباوقار، ۲۰۰۵؛ پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹).

از معیارهای طبیعی نیز دو زیرمعیار فاصله از آبراهه‌ها و انبوهی جنگل در نوشتار پیش رو مورد توجّه قرار گرفتند. وجود آبراهه، هم ازنظر فعّالیت‌های انسانی و هم ازنظر طبیعی می‌تواند جنگل را دستخوش تغییر کند، از بُعد انسان می‌توان وجود آبراهه را در ارتباط با گسترش فعّالیت‌های کشاورزی و به‌طور عمده باغداری و کاشت چوب در اطراف آبراهه‌ها دانست و ازنظر طبیعی آبراهه‌ها همواره مسیرهای بالقوّهٔ وقوع سیلاب‌ها هستند (پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹).

از معیارهای فیزیوگرافی، زیرمعیارهای شیب، جهت و ارتفاع بررسی شد، هرچند عامل جهت به‌تنهایی به‌عنوان مشخّصه‌ای اثرگذار بر تخریب جنگل‌ها نبوده و تحت تأثیر اثرات متقابل مشخّصه‌های دیگر است (پیرباوقار، ۲۰۱۵). معیارهای شیب و ارتفاع نیز، هم به‌لحاظ اثرات مستقل آن‌ها و هم به‌لحاظ تسهیل‌کننده یا محدودکنندهٔ دسترسی انسان به عرصه در جنگل‌های زاگرس، مهم‌اند.

ایجاد درخت سلسله‌مراتب

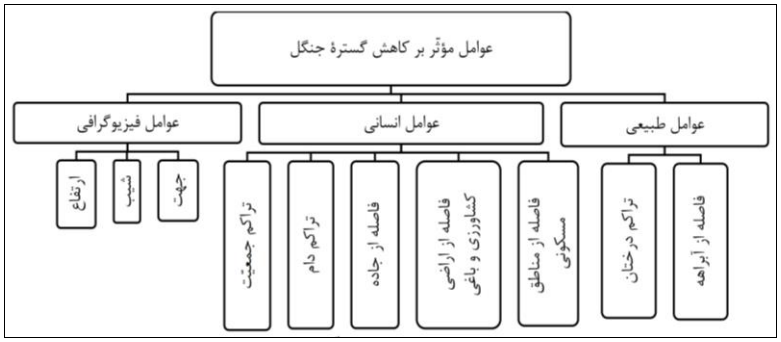
در این مرحله، مسئله و هدف تصمیم‌گیری به‌صورت سلسله‌مراتبی از عناصر تصمیم که باهم در ارتباط‌اند، ارائه می‌شود. عناصر تصمیم شامل شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های تصمیم است. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نیازمند تحلیل مسئله با چندین شاخص به سلسله‌مراتبی از سطوح است (شکل ۲).

طرّاحی پرسش‌نامه

پس از شناسایی معیار و زیرمعیارهای مؤثّر بر کاهش سطح جنگل اقدام به طرّاحی پرسش‌نامه‌ای شد که در آن از پاسخ‌دهنده خواسته شده بود که درجهٔ اهمّیت یا میزان برتری هرکدام از معیارها و زیرمعیارها را در ارتباط باهم مشخّص کند. در پاسخ‌گویی به پرسش‌ها، پاسخ‌دهندگان ازمیان دانشگاهیان و مسئولان اجرایی در بخش جنگل انتخاب شدند.

مقایسه‌های زوجی

در این مرحله با توجّه به ارتباط معیارها با همدیگر و زیرمعیارهای یک معیار باهم، بسته به ارجحیّت یک معیار یا زیرمعیار نسبت به معیار یا زیر معیار دیگر، مقایسه‌ای صورت می‌گیرد.



شکل ۲. ساختار سلسله‌مراتبی عوامل مؤثّر بر کاهش سطح جنگل

ارزش‌های کمی یک تا نُه در مقایسه‌های زوجی استفاده خواهد شد. اگر دو معیار ارجحیت یکسان داشته باشند، ارزش یک و اگر ارجحیت یک معیار به معیار دیگر خیلی‌زیاد باشد، ارزش نه به آن معیار یا زیرمعیار اختصاص داده خواهد شد.

محاسبهٔ وزن‌های نسبی و تعیین وزن نهایی

پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌هایی که در اختیار کارشناسان صاحب نظر قرار گرفته بود؛ نظرات هرکدام از کارشناسان به‌طور جداگانه به‌شکل یک آرایه در نرم‌افزار اکسپرت چویس[1] وارد شد (رابطهٔ ۱).

$$A=\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$ رابطهٔ ۱

a_{ij}: ارزشی است که کارشناس برای مقایسه‌های زوجی به معیار مورد نظر براساس استاندار معرّفی شدهٔ ساعتی داده است و سپس برآیند نظر همهٔ کارشناسان پس از میانگین‌گیری هندسی (رابطهٔ ۲) تک‌تک نظرات در قالب وزن نهایی محاسبه شد.

$$GA = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times x_3 \times x_n}$$ رابطهٔ ۲

GA: میانگین هندسی نظرات و xi: نظر هرکدام از کارشناسان است. پیش‌شرط ثبات قضاوت‌ها محاسبهٔ نرخ سازگاری مقایسه‌های زوجی است که براساس رابطهٔ ۳ و ۴ محاسبه می‌شود.

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$$ رابطهٔ ۳

CI: شاخص ناسازگاری، λ_{max}: حداکثر میزان بردارویژه و n: تعداد معیارهاست.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$ رابطهٔ ۴

CR: نرخ ناسازگاری، CI: شاخص ناسازگاری و RI: شاخص تصادفی است.

تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱۰ باشد سازگاری مقایسه‌ها قابل قبول بوده و در غیر این‌صورت، باید در مقایسه‌ها تجدید نظر شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۴: ۲۲۲). به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، در گام آخر وزن نسبی هر عنصر در وزن عناصر بالاتر ضرب شد و وزن نهایی آن به‌دست آمد. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی مشخّص شد.

تهیهٔ نقشه‌های معیار

در این مرحله نقشه‌های مربوط به تک‌تک معیارها و زیرمعیارهای مؤثّر در کاهش گسترهٔ جنگل در قالب ده نقشهٔ جداگانه تهیه شد. با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ با فواصل منحنی میزان ۲۰ متری، مدل رقومی ارتفاع تهیه شد. نقشهٔ زیرمعیار ارتفاع با استفاده از مدل رقومی ارتفاع در هشت کلاسهٔ صد متری تهیه شد. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع نقشهٔ شیب نیز تهیه شد. با طبقه‌بندی این نقشه در قالب شش کلاسه ه٪ تا ۱۰٪، ۱۰٪ تا ۲۰٪، ۲۰٪ تا ۳۰٪، ۳۰٪ تا ۶۰٪ و ۶۰٪ تا ۱۰۰٪ و بیش از ۱۰۰٪ نقشهٔ شیب کلاسه‌بندی شد. نقشهٔ طبقات جهت شامل چهار طبقه جهت‌های اصلی شمال، جنوب، شرق، غرب و یک طبقه مسطّح تهیه شد.

1- Expert Choice

با استفاده از آمار سرشماری عمومی نفوس و مسکن مربوط در سال ۱۳۸۵، آمار موجود در خانهٔ بهداشت شهر آرمرده و سرکشی به کوخ‌های منطقهٔ مورد مطالعه آمار جمعیّتی روستاها و کوخ‌های محدوده برداشت شد و نقشهٔ تراکم جمعیّت در شش طبقه تهیه شد. نقشهٔ تراکم دام روستاهای حوضهٔ مورد مطالعه، با استناد به آمار دام موجود در ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان بانه در شش طبقه تهیه شد.

جاده‌های اصلی و فرعی از نقشه‌های رقومی استخراج شد و نقشهٔ فاصله از جاده در چهار طبقهٔ حریم جاده تهیه شد. مناطق مسکونی نیز به‌صورت لایه‌ای جداگانه استخراج و نقشه فاصله از مناطق مسکونی با پنج طبقه تهیه شد. برای تهیهٔ لایهٔ نقشهٔ مناطق زراعی و باغی از نقشه‌های موجود (مرادی، ۱۳۸۸: ۸۹) استفاده شد؛ سپس این نقشه نیز به پنج کلاسه فاصله‌ای تقسیم شد. پس از جداسازی و تفکیک لایهٔ مربوط به آبراهه‌های اصلی، به تهیهٔ نقشهٔ فاصله از آبراهه‌ها با پنج کلاسه اقدام شد. نقشهٔ مربوط به تراکم جنگل نیز با پنج کلاسه با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد در هکتار درختان (مرکز پژوهش و توسعهٔ جنگل‌داری زاگرس شمالی، ۱۳۸۴) استخراج شد.

استانداردسازی معیارها

ازآنجاکه هر نقشهٔ معیار دارای محدوده و مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی است، برای تحلیل و ارزیابی چندمعیاری باید مقیاس اندازه‌گیری آن‌ها را همخوان و باهم متناسب کرد. در پژوهش حاضر برای تبدیل مقادیر مربوط به معیارها به مقادیر استانداردشده، از روش تبدیل مقیاس خطّی مبتنی بر دامنهٔ مقادیر استفاده شد (رابطهٔ ۵).

$$X_i=R_i-R_{min}/R_{max}-R_{min}$$ رابطهٔ ۵

R_i: نمرهٔ خام معیار i؛ R_{min}: مینیمم مقادیر، R_{max}: ماکزیمم مقادیر؛ X_i: مقدار استاندار شده

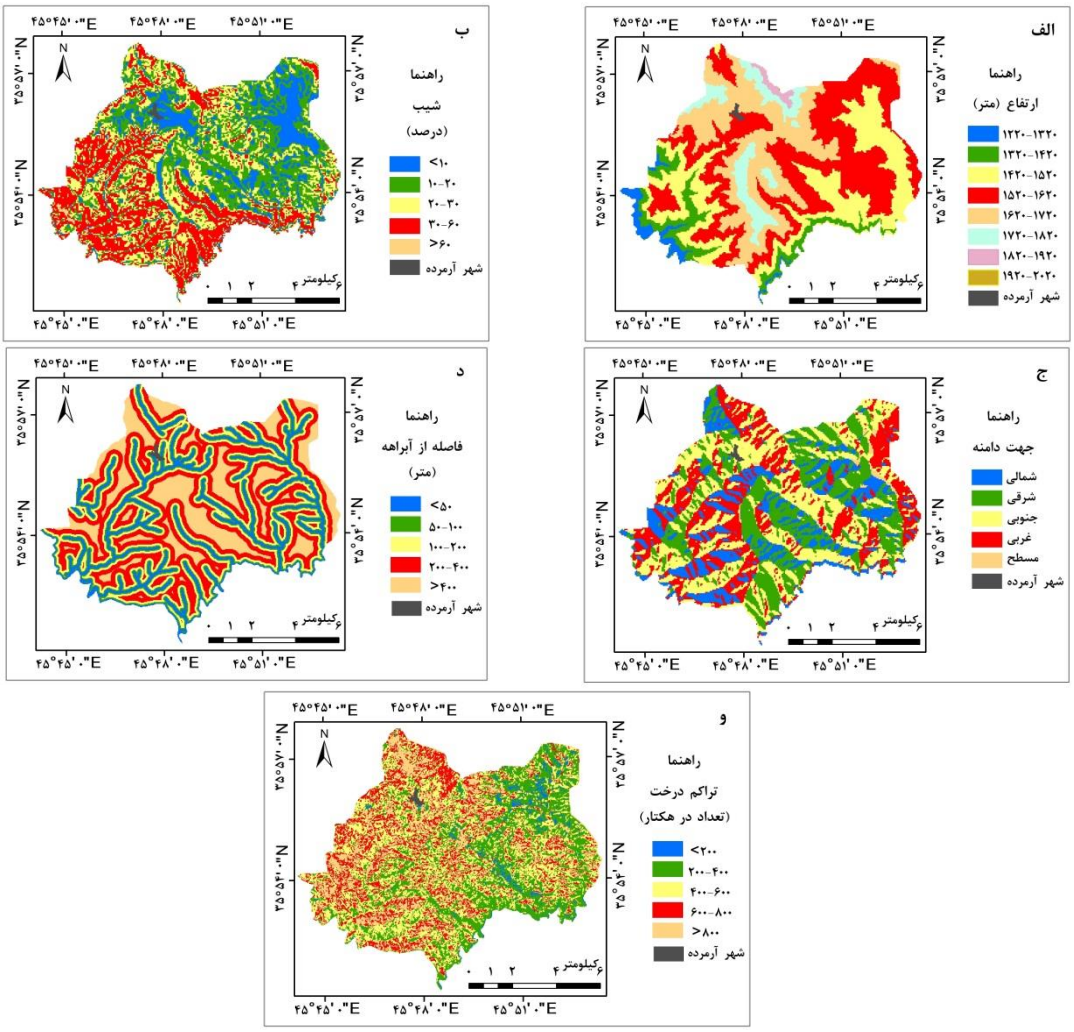
تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی و ارزیابی صحّت

پس از ضرب وزن‌های هرکدام از گزینه‌ها در وزن استانداردشدهٔ هر لایه، لایه‌های استاندارد وزنی ایجاد شدند؛ سپس ده لایهٔ استانداردشده معیارهای مؤثّر بر هدف پژوهش باهم روی‌هم‌گذاری و تلفیق شدند. در گام آخر با استانداردسازی نقشهٔ نهایی و کلاسه‌بندی آن به چهار کلاسه، نقشهٔ پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل تهیه شد. با مقایسهٔ نقشهٔ حاصل از پهنه‌بندی با نقشهٔ تغییرات گسترهٔ جنگل منطقه مورد مطالعه در بازهٔ زمانی پنجاه‌ساله (مرادی، ۱۳۸۸: ۸۹)، صحّت پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل حاصل از اجرای پژوهش سنجیده شد.

نتایج

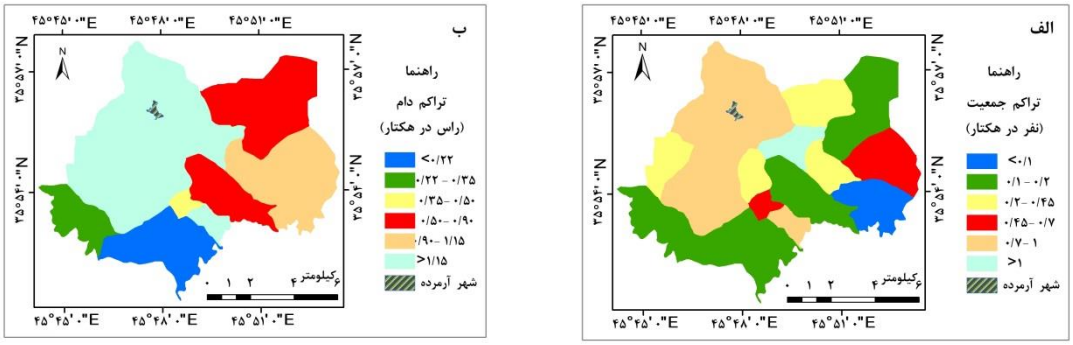
نقشهٔ معیارها

نقشه‌های طبقه‌بندی‌شدهٔ زیرمعیارهای عامل فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) و عوامل طبیعی (نقشهٔ فاصله از آبراهه و نقشهٔ تراکم درختان) بیان‌کنندهٔ وضعیت این معیارها در سطح منطقهٔ مورد بررسی است (شکل ۳). نقشهٔ طبقات ارتفاعی منطقه نشان می‌دهد که بیشترین مساحت مربوط به طبقهٔ ۱۵۲۰ تا ۱۶۲۰ متر است (شکل ۳ الف). کلاسهٔ شیب بیشتر از ۶۰٪، کمترین و کلاسهٔ شیب ۳۰٪ تا ۶۰٪، بیشترین سطح منطقه را تشکیل می‌دهند که بیانگر به‌نسبت پرشیب بودن منطقه است (شکل ۳ ب). در نقشهٔ جهت شیب منطقه، کلاسه‌های جهت شرقی و جنوبی بیشترین مساحت را به‌خود اختصاص داده‌اند (شکل ۳ ج). پراکنش آبراهه‌ها در کلّ منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۳ د). نقشهٔ تراکم درختان نیز نشان‌دهندهٔ وجود جنگل‌هایی با تراکم درختی کم تا زیاد در منطقه است (شکل ۳ و).

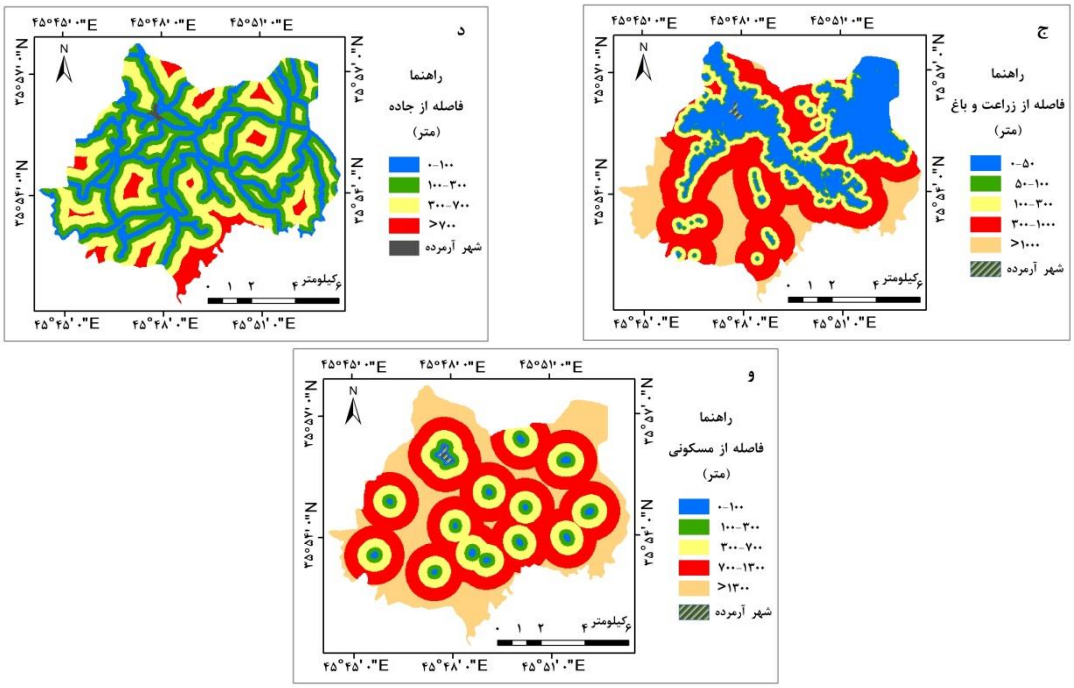


شکل ۳. الف: نقشهٔ طبقات ارتفاع؛ ب: شیب؛ ج: جهت؛ د: فاصله از آبراهه؛ و: نقشه تراکم درختان

از زیرمعیارهای عوامل انسانی (شکل ۴)، بررسی نقشهٔ تراکم جمعیّت انسانی (شکل ۴ الف) و فاصله از مناطق مسکونی (شکل ۴ و) نشان‌دهندهٔ وجود تراکم بالاتر جمعیّت در اطراف شهر آرمرده و روستاها و کوخ‌های منطقه است. با توجّه به نقشهٔ تراکم دام در واحد سطح (شکل ۴ ب)، مشاهده می‌شود که دام در کلّ منطقه وجود دارد؛ البتّه بیشترین تراکم دام در جنگل‌های حوضهٔ آرمرده مشاهده می‌شود. نقشهٔ فاصله از زمین‌های کشاورزی و باغی نیز نشان‌دهندهٔ وجود اراضی زراعی و باغی در بخش شمالی و شمال شرقی منطقه است (شکل ۴ ج). بیشترین مساحت منطقه نیز در فاصلهٔ بیش از سیصد متر از جاده‌ها قرار دارد (شکل ۴ د).



شکل ۴. الف: نقشهٔ تراکم جمعیّت انسانی؛ ب: تراکم دام در واحد سطح



ادامهٔ شکل ۴. ج: فاصله از اراضی زراعی و باغی؛ د: فاصله از جاده؛ و: فاصله از مناطق مسکونی

وزن معیارها و زیرمعیارها

با ترکیب نظرات همهٔ کارشناسان، وزن نهایی تک‌تک معیارها و زیرمعیارها محاسبه شد (جدول ۱). درمیان معیارهای اصلی عوامل فیزیوگرافی بیشترین وزن را به‌خود اختصاص داده‌اند. به‌طوری که این معیار به‌تنهایی بیش از نیمی از وزن معیارهای اصلی را در اختیار دارد. پس از عوامل فیزیوگرافی، معیارهای عوامل انسانی و عوامل طبیعی به‌ترتیب در درجات بعدی اهمّیت قرار دارند. در بخش عوامل فیزیوگرافی سه زیرمعیار ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت بررسی شدند که براساس نظر کارشناسان معیار شیب بیشترین اهمّیت و وزن را دارد. از زیرمعیارهای عوامل انسانی که در درجهٔ دوم اهمّیت قرار دارند، زیرمعیارهای تراکم جمعیّت و فاصله از جاده به‌ترتیب بیشترین وزن را دارند. در گروه عوامل طبیعی که شامل دو زیرمعیار فاصله از آبراهه و تراکم درختان (تعداد پایه در هکتار) است، زیرمعیار فاصله از آبراهه نسبت به دیگر زیرمعیارهای این گروه، از اهمّیت بالاتری برخوردار بوده است. پس از استخراج وزن نهایی تک‌تک زیرمعیارها، همان‌گونه که در جدول ۱ قابل مشاهده است، زیرمعیار شیب، اولویت بالاتری نسبت به سایر زیرمعیارها دارد.

جدول ۱. وزن معیارها و زیرمعیارهای مؤثّر بر هدف

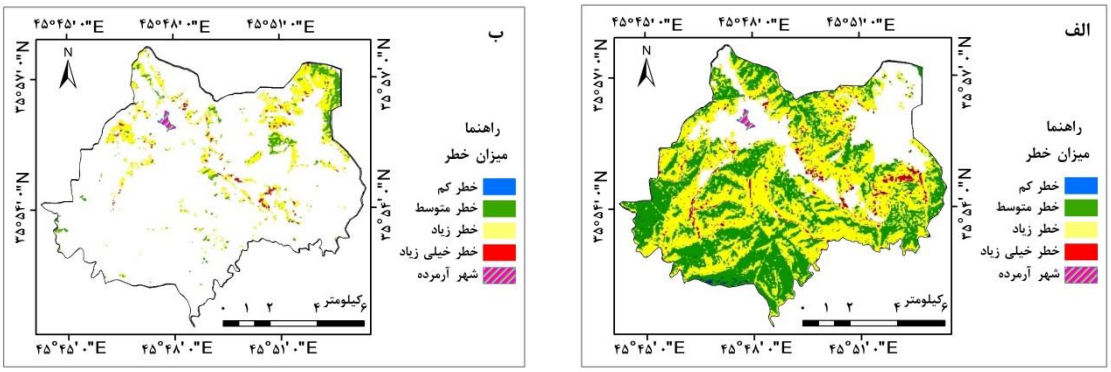
	معیار	وزن معیار	زیرمعیار	وزن زیرمعیار
عوامل مؤثّر بر کاهش گسترهٔ جنگل	عوامل فیزیوگرافی	۰/۵۵۰	شیب	۰/۲۶۶
			جهت	۰/۱۹۳
			ارتفاع	۰/۰۹۱
	عوامل انسانی	۰/۲۶۵	تراکم جمعیّت	۰/۰۹۴
			تراکم دام	۰/۰۵۰
			فاصله از جاده	۰/۰۸۶
			فاصله از مناطق زراعی و باغی	۰/۰۲۹
			فاصله از مناطق مسکونی	۰/۰۶۶
	عوامل طبیعی	۰/۱۸۵	تراکم درختان	۰/۰۴۶
			فاصله از آبراهه	۰/۰۷۹

نقشهٔ پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل

برای تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل در محدودهٔ مورد مطالعه از سه معیار اصلی و ده زیرمعیار استفاده شد. با تلفیق همهٔ نقشه‌های استانداردشدهٔ وزنی زیرمعیارها، یک نقشه تهیه شد. این نقشه نیز براساس روش‌های استانداردسازی (رابطهٔ ۱)، استاندارد شد. درنهایت نقشهٔ پهنه‌بندی‌شدهٔ تخریب با چهار کلاسه و طبقات مساوی (۰ تا ۰/۲۵، ۰/۲۵ تا ۰/۵۰، ۰/۵۰ تا ۰/۷۵ و ۰/۷۵ تا ۱) تهیه شد (شکل ۵ الف). نقشهٔ تولیدشدهٔ پتانسیل هر منطقه را براساس میزان درمعرض خطربودن آن منطقه نشان می‌دهد.

همچنان‌که پیش‌تر اشاره شد، کلّ منطقهٔ مورد مطالعه دارای مساحتی برابر با ۹۱۷۷ هکتار است که از این میزان ۷۱۸۶ هکتار آن جنگل است. براساس پهنه‌بندی به‌عمل‌آمده، بخش زیادی از عرصه‌های جنگلی درمعرض خطر زیاد و خیلی‌زیاد قرار دارند که حدود ۶۰٪ از کلّ منطقه را شامل می شود (جدول ۲).

شکل ۵ ب، از انطباق نقشهٔ تخریب واقعی اتّفاق‌افتاده در منطقه و نقشهٔ پهنه‌بندی‌شدهٔ تخریب به‌دست آمده است. نتایج نشان داد که در بازهٔ زمانی پنجاه‌ساله، سطحی معادل ۸۲۹ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه کاسته شده است. در ارزیابی صحّت صورت‌گرفته، حدود ۷۸٪ مناطقی که تخریب شده‌اند (کاهش گسترهٔ جنگل) در طبقات خطر زیاد و خطر خیلی‌زیاد نقشهٔ پهنه‌بندی‌شده قرار گرفته‌اند (جدول ۳).



شکل ۵. الف: نقشهٔ پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل؛ ب: انطباق نقشهٔ طبقات خطر پهنه‌بندی با نقشهٔ واقعیت زمینی کاهش گسترهٔ جنگل

جدول ۲. مساحت و درصد طبقات خطر در کلّ منطقهٔ مورد مطالعه

طبقهٔ خطر	سطح (هکتار)	درصد
خطر کم	۲۷/۴۳	۰/۳۸
خطر میانگین	۲۹۰۶/۷۲	۴۰/۴۵
خطر زیاد	۴۰۱۸/۴۵	۵۵/۹۲
خطر خیلی‌زیاد	۲۳۳/۴۰	۳/۲۵
جمع	۷۱۸۶	۱۰۰

جدول ۳. مساحت و درصد طبقات خطر در نقشهٔ واقعیت زمینی مناطق کاهش گسترهٔ جنگل

طبقهٔ خطر	سطح (هکتار)	درصد
خطر کم	۰/۵۲	۰/۰۶
خطر میانگین	۱۸۳/۴۲	۲۲/۱۳
خطر زیاد	۵۹۰/۴۲	۷۱/۲۲
خطر خیلی‌زیاد	۵۴/۶۴	۶/۵۹
جمع	۸۲۹	۱۰۰

بحث

جنگل‌ها به‌دلیل تأمین فراورده‌های چوبی، موادّ غذایی و دارویی و همچنین نقش کلیدی و ارزندهٔ آن‌ها در مبارزه با پدیده‌های پرخطری همچون پدیدهٔ گرمایش جهانی و کاهش تنوّع زیستی، منابع بسیار ارزشمندی به‌شمار می‌روند (یزدانی و عباسی، ۱۳۸۹). جنگل‌های زاگرس نیز به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین بوم‌سازگان‌های جنگلی ایران، همواره با چالش‌های گوناگونی روبه‌رو بوده است. آنچه بیش از همه این منابع جنگلی را تهدید می‌کند، تخریب و کاهش گسترهٔ این منابع است. میزان پوشش جنگل‌ها در طول زمان می‌تواند با عوامل طبیعی و همچنین عوامل انسانی دست‌خوش تغییر و تحوّل شوند. اطّلاعات مکانی مربوط به این تغییرات، اساسی‌ترین منبع برای طرّاحان و تصمیم‌گیرندگان مدیریت منابع زمینی خواهد بود (رنجبر، ۱۳۸۱: ۶۳). به همین دلیل، آگاهی از این موضوع که تخریب جنگل و به‌تبع آن خطر کاهش سطح جنگل در آینده بیشتر در چه مناطقی رخ خواهد داد، بسیار مهم است (گورته و شیخ، ۲۰۱۰).

روش تحلیل سلسله‌مراتبی به‌دلیل ماهیت مقایسه‌گرای این روش می‌تواند مسائل دارای ابعاد متعدّد را از دید صاحب‌نظران مختلف بررسی کرده و با دخالت‌دادن تک‌تک نظرات، در تصمیم‌گیری نهایی، فرایند تصمیم‌گیری گروهی را به بهترین شکل ممکن اجرا کند (چاندیو و همکاران، ۲۰۱۳)؛ بنابراین استفاده از این روش در مدل‌سازی تخریب جنگل می‌تواند بسیار استفاده شود.

به‌طور کلّی اساس و هدف عمل پهنه‌بندی، شناسایی کانون‌های مستعد برای یک هدف خاص است. در نوشتار پیش رو، هدف پهنه‌بندی و تعیین پتانسیل نواحی مختلف منطقه ازنظر خطر کاهش گسترهٔ جنگل و درک الگوی پیشرفت مناطق غیر جنگلی در داخل جنگل بوده است؛ بر این اساس، پس از تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی، ارزیابی صحّت نقشهٔ تهیه‌شده در مقایسه با نقشهٔ واقعیّت زمینی تغییرات گسترهٔ جنگل در بازهٔ زمانی سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۴ که از عکس‌های هوایی و برداشت زمینی به‌دست آمده بود، انجام شد (شکل ۵ ب و جدول ۳).

با توجّه به اینکه ارزیابی صحّت نشان داد که حدود ۷۸٪ مناطقی که تخریب شده‌اند (کاهش سطح جنگل) در طبقات خطر زیاد و خطر خیلی‌زیاد نقشهٔ پهنه‌بندی قرار دارند؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که نقشهٔ پهنه‌بندی‌شده توانسته است الگوی کاهش گسترهٔ جنگل را در منطقهٔ مورد مطالعه با دقّت کمابیش خوبی پیش‌بینی کرده و در مقایسه با نقشهٔ واقعیّت زمینی کاهش گسترهٔ جنگل، کارایی خود را در تعیین مناطق پرخطر نشان دهد. این درصد بالای صحّت مدل ارائه‌شده، به‌خوبی توانایی‌های ترکیب روش تحلیل سلسله‌مراتبی و قابلیت‌های جی.آی.اِس. را در پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل به‌اثبات می‌رساند. پژوهش‌های مشابه انجام‌شده کارایی سیستم‌های تحلیل تصمیم چندمعیاری و ارائهٔ مدل‌های مبتنی بر جی.آی.اِس. را در پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل تأیید می‌کنند (پوخریال و همکاران، ۲۰۲۰؛ پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹؛ کندور و همکاران، ۲۰۱۱؛ دروبن و لیس، ۲۰۰۹). علّت کارآیی این سیستم‌ها، درنظرگرفتن مجموعه‌ای از معیارهای تأثیرگذار بر مسئلهٔ مورد مطالعه است.

از دیگر عوامل مؤثّر بر دقّت کمابیش بالا و قابل قبول نتیجهٔ پهنه‌بندی، می‌توان به جامع‌بودن احتمالی معیارهای درنظر گرفته‌شده اشاره کرد. سه معیار عوامل انسانی، عوامل فیزیوگرافی و عوامل طبیعی در پژوهش حاضر بررسی شدند. نتایج نشان داد که معیار عوامل فیزیوگرافی بر دو معیار دیگر برتری دارد (جدول ۱). عوامل انسانی و عوامل طبیعی در درجات بعدی اهمّیت قرار دارند. اهمّیت بالای عوامل فیزیوگرافی به‌دلیل نقش و اثر این عامل در محدودکردن دسترسی به عرصه‌های جنگلی است. در گروه عوامل فیزیوگرافی، شیب دامنه مهم‌ترین زیرمعیار است. پیرباوقار (۱۳۸۳: ۱۳۶) و آرخی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسید که بیشترین میزان تخریب جنگل در مناطق با شیب کمتر است.

جهت دامنه اولویت دوم را به‌خود اختصاص داده است. در منطقهٔ مورد مطالعه بیشترین تخریب انجام‌شده در جهت‌های جنوبی و کمترین تخریب در جهت‌های شمالی صورت گرفته است. امینی و همکاران (۱۳۸۵) نیز به این نتیجه رسیدند که جهت‌های شمالی کمترین میزان تخریب (کاهش سطح جنگل) را داشتند. نتایج نوشتار پیش رو و برخی پژوهش‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع، میزان تخریب کم می شود و این بدین‌علّت است که در ارتفاعات، انگیزهٔ قطع درختان و برداشت از جنگل، به‌دلیل مشکلات ارتفاع، حمل و نقل چوب و غیره کاهش می‌یابد (رنجبر، ۱۳۸۱: ۶۳). این نکتهٔ مهم را نیز باید درنظر داشت که نقش ارتفاع در تخریب جنگل می‌تواند از منطقه‌ای به منطقهٔ دیگر متفاوت باشد. باقری و شتایی جویباری (۱۳۸۹) نشان داده‌اند که در جنگل‌های شمال کشور به‌دلیل تجمّع بیشتر روستاها و گسترش جاده در ارتفاعات بالاتر، میزان تخریب بیشتری را می‌توان شاهد بود.

ضرورت بررسی عوامل انسانی از این جهت است که تمرکز زیاد جمعیّت انسانی در جنگل‌های زاگرس سبب شده است که جمعیّت جنگل‌نشین برای بقا و تأمین نیازمندی‌های خود دردسترس‌ترین منابع مجاور خود، یعنی جنگل را استفاده کرده و به شیوه‌های گوناگون به تخریب آن اقدام کند. فقر اقتصادی جمعیّت ساکن در این مناطق و نیاز روزافزون برخواسته از رشد جمعیّت از یک‌سو و کمبود زمین‌های کشاورزی از سوی دیگر، سبب شده است که این مناطق همواره کانون‌های بالقوّهٔ تخریب باشند (پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹)؛ به همین دلیل با درنظرگرفتن زوایای انسانی مسئله، در گروه عوامل انسانی، پنج زیرمعیار که سه زیرمعیار مرتبط با فاصله و دو زیرمعیار مرتبط با تراکم بودند، انتخاب شد. در این گروه، زیرمعیار تراکم جمعیّت بالاترین میزان اهمّیت را دارد. ژانگ[1] و همکاران (۲۰۰۳) نیز به رابطهٔ معنی‌داری بین تراکم جمعیّت و میزان تخریب جنگل اشاره داشته‌اند. اتر[2] و همکاران (۲۰۰۶)، ویت[3] و همکاران (۲۰۱۸) و فاگوآ[4] و همکاران (۲۰۱۹) نیز به نقش فاکتورهای تشدیدکنندهٔ دسترسی به جنگل همچون فاصله از مناطق مسکونی و جاده‌ها در میزان وجود پوشش جنگلی تأکید دارند.

فاصله از مناطق مسکونی درمیان زیرمعیارهای عوامل انسانی در رتبهٔ دوم قرار دارد. سایر پژوهش‌های انجام‌شده نیز بیانگر آن است که میزان تخریب در مناطق نزدیک به روستاها و مناطق مسکونی بیشتر است (رنجبر، ۱۳۸۱: ۶۳؛ رضایی بنفشه و همکاران، ۱۳۸۴؛ پیرباوقار، ۱۳۸۳: ۱۳۶).

یکی دیگر از مشکلات مهم در جنگل‌های منطقهٔ مورد مطالعه، عدم استقرار زادآوری در عرصهٔ جنگلی است. به‌نظر می‌رسد عامل بروز این مسئله براساس سلسله‌مراتب علّت و معلولی، چرای دام و نوع مدیریت سنّتی حاکم بر این جنگل‌هاست (غضنفری و همکاران، ۲۰۰۴). این سیستم مدیریتی درحقیقت سیستم مدیریت تلفیقی جنگل - دام است که به‌دلیل سنّتی‌بودن، نقاط ضعف متعدّدی دارد؛ همین نقاط ضعف موجب بروز تهدیداتی برای بقای جنگل‌های زاگرس شده است (مرکز پژوهش و توسعهٔ جنگل‌داری زاگرس شمالی، ۱۳۸۴: ۷۰).

عوامل طبیعی شامل فاصله از آبراهه و تراکم درختان، پایین‌ترین اولویت را در این مطالعه به‌خود اختصاص دادند که این مسئله می‌تواند ناشی از پراکنش کمابیش یکنواخت کلاسه‌های این متغیّرها در منطقه باشد. ژانگ و همکاران (۲۰۰۳) دربارهٔ تخریب جنگل به این نتیجه رسیدند که در مناطقی با انبوهی بیشتر، میزان تخریب اندکی بیشتر بوده است.

1- Zhang
2- Etter
3- Voight
4- Fagua

نتیجه‌گیری

براساس پژوهش حاضر، ترکیب تحلیل سلسله‌مراتبی و سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی ابزار کارآمدی برای پهنه‌بندی خطر کاهش گسترهٔ جنگل است. در نوشتار پیش رو عوامل و متغیّرهایی که به‌نوعی بر روند کاهش گسترهٔ جنگل تأثیرگذار هستند، در قالب سه معیار اصلی و ده زیرمعیار کمّی و کیفی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی بررسی شدند. براساس نقشهٔ پهنه‌بندی به‌دست‌آمده، حدود ۶۰٪ از مساحت کلّ منطقه در پهنهٔ خطر زیاد و بسیارزیاد قرار می‌گیرد؛ بنابراین تمرکز فعّالیت‌های حفاظتی در نقاط بحرانی برای جلوگیری از ادامهٔ روند کاهش گسترهٔ جنگل بسیار اساسی است. مناطق با دسترسی آسان و شیب کم، مستعدترین مناطق برای تغییرکاربری هستند. مسئلهٔ افزایش جمعیّت و درنتیجه افزایش تقاضا برای تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت را می‌توان مهم‌ترین دلیل تخریب جنگل‌های با دسترسی آسان دانست؛ بنابراین تدوین برنامهٔ جامع نظارتی با هدف جلوگیری از تعرّض به منابع طبیعی و تغییر کاربری برای حفاظت از این جنگل‌ها امری ضروری است.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، به‌دلیل توجّه روستاییان و دامداران محلّی به گونه‌های خاص برای علوفهٔ دام، معیار تیپ جنگل نیز به‌عنوان معیار احتمالی مؤثّری بر کاهش گسترهٔ جنگل، مدّ نظر قرار گیرد.

منابع

آرخی، صالح؛ جعفرزاده، علی‌اکبر؛ یوسفی، صالح (۱۳۹۱). شبیه‌سازی تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک، GIS و سنجش‌ازدور (مورد: جنگل‌های شمال ایلام). *جغرافیا و توسعه، ۱۰* (۲۹)، ۳۱-۴۲.

امینی، محمدرشید؛ شتایی جویباری، شعبان؛ معیری، محمدهادی؛ غضنفری، هدایتا... (۱۳۸۵). بررسی امکان مدل‌سازی احتمال تخریب جنگل‌های غرب کشور با استفاده از GIS و RS (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های آرمرده بانه). *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶* (۳)، ۴۳۱-۴۴۳.

باقری، رضا؛ شتایی جویباری، شعبان (۱۳۸۹). مدل‌سازی کاهش گسترهٔ جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز چهل‌چای استان گلستان). *مجلّهٔ جنگل ایران*، ۲ (۳)، ۲۴۳-۲۵۲.

پورهاشمی، مهدی (۱۳۸۲). *بررسی تجدید حیات طبیعی گونه‌های بلوط در جنگل‌های مریوان*. رسالهٔ دکتری جنگل‌داری، تهران: دانشگاه تهران.

پیرباوقار، مهتاب (۱۳۸۳). *بررسی تغییرات گسترهٔ جنگل در ارتباط با عوامل توپوگرافی و مناطق انسان‌ساخت (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های شرق استان گیلان)*. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد جنگل‌داری، تهران: دانشگاه تهران.

جزیره‌ای، محمدحسین؛ ابراهیمی رستاقی، مرتضی (۱۳۸۲). *جنگل‌شناسی زاگرس*. تهران: دانشگاه تهران.

رضایی بنفشه، مجید؛ رستم‌زاده، هاشم؛ فیضی‌زاده، بختیار (۱۳۸۴). بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS (مطالعهٔ موردی جنگل‌های ارسباران ۲۰۰۵- ۱۹۸۷). *پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲* (۴)، ۱۴۳-۱۵۹.

رنجبر، ابوالفضل (۱۳۸۱). *بررسی و برآورد روند تخریب جنگل‌ها با استفاده از GIS و داده‌های سنجش‌ازدور*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد سیستم اطّلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

غضنفری، هدایتا...؛ نمیرانیان، منوچهر؛ سبحانی، هوشنگ؛ مروی مهاجر، محمدرضا؛ پورطهماسبی، کامبیز (۱۳۸۲). برآورد رویش قطری درختان وی‌ول (*Quercus libani*) در منطقهٔ زاگرس شمالی (مطالعهٔ موردی: هواره خول). *مجلّهٔ منابع طبیعی ایران، ۵۷* (۴)، ۶۴۹- ۶۶۲.

قدسی‌پور، حسن (۱۳۸۴). *فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)*. *تهران*: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

مرادی، رستگار (۱۳۸۸). بررسی ساختار و بررسی تغییرات گسترهٔ جنگل در زاگرس شمالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

SPOT5 (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های بانه). پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد جنگل‌داری، سنندج: دانشگاه کردستان.

مرکز پژوهش و توسعهٔ جنگل‌داری زاگرس شمالی (۱۳۸۴). *طرح جنگل‌داری چندمنظوره با تأکید بر سامان‌دهی و مدیریت گلازنی در حوضهٔ آرمرده*. سنندج: دانشگاه کردستان.

مهدوی، علی؛ رنگین، سمیه، مهدی‌زاده، حسین؛ میرزایی‌زاده، وحید (۱۳۹۷). مدل‌سازی تخریب جنگل‌های زاگرس با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های چرداول استان ایلام). *جغرافیا و پایداری محیط، ۸* (۲۷)، ۱-۱۳.

ناصری، حمیدرضا؛ عزیزخانی، محمدجواد؛ مکنونی، سعید (۱۳۸۸). تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری و اطّلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیهٔ مصنوعی (مطالعهٔ موردی: دشت چاه‌دراز-سیرجان). *فصلنامهٔ زمین‌شناسی ایران، ۱۰* (۳)، ۹۷-۱۰۵.

نکوئی‌مهر، محمد؛ رأفت‌نیا، نصرتا...؛ رئیسیان، روانبخش؛ جهانبازی، حسن؛ طالبی، محمود؛ عبدالهی، خدایار (۱۳۸۵). تأثیر جاده‌سازی بر تخریب جنگل‌های منطقهٔ بازفت. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۴* (۳)، ۲۲۸- ۲۴۳.

یزدانی، سعید؛ عباسی، اکرم (۱۳۸۹). برآورد ارزش اقتصادی منافع زیست‌محیطی جنگل‌ها (مطالعهٔ موردی: بخش نمخانهٔ جنگل خیرود در شهرستان نوشهر). *مجلّهٔ تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۲* (۷)، ۳۳-۵۴.

References

Amini, M. R., Shataee Jooybari, Sh., Moaieri, M. H. & Ghazanfari, H. (2009). Deforestation modeling and investigation on related physiographic and human factors using satellite images and GIS (Case study: Armerdeh forests of Baneh). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16* (3), 431-443. (In Persian)

Arekhi, S., Jafarzadeh, A. A. & Yousefi, S. (2013). Modelling deforestation using logistic regression, GIS and RS (Case study: Northern forests of the Ilam Provinc). *Geography and Development, 10* (29), 31-42. (In Persian)

Bagheri, R. & Shataee Jooybari, Sh. (2010). Modeling forest areas decreases, using logistic regression (case study: Chehl-Chay catchment, Golestan province). *Iranian Journal of Forest, 12* (3), 243-252. (In Persian)

Chandio, I.A., Matori, A.N.B. & WanYusof, K.B. (2013). GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: a review. *Arabian Journal of Geosciences, 6*, 3059-3066.

Cóndor, R. D., Scarelli, A. & Valentini, R. (2011). Multicriteria Decision Aid to Support Multilateral Environmental Aggrements in Assessing International Forestry Projects. *International Environmental Aggrements: Politics, Law and Economics, 11*, 117-137.

Drobne, S. & Liesc, A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: Weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica, 33* (4), 459-474.

Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S. & Possingham, H. (2006). Regional Patterns of Agricultural Land Use and Deforestation in Colombia. Agriculture, *Ecosystems and Environment 114*, 369-386.

Fagua, J. C., Baggio, J. A. & Ramsey, R. D. (2019). Drivers of forest cover changes in the Choco-Darien Global Ecoregion of South America. *Ecosphere, 10* (3), 1-21.

Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, M. & Marvi Mohajer, M. R. (2004). Traditional Forest Management and its Application to Encourage Public Participation in the Northern Zagros Mountain of Kurdistan Province, Iran. *Scandinavian Journal of Forest Science, 19* (4), 65-71.

Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, M., Marvi Mohajer, M. R. & Pourtahmasi, K. (2005). An estimation of tree diameter growth of Lebanon oak (*Quercus libani*) in northern Zagros forests (Case study, Havareh Khole). *Iranian Journal of Natural Resources, 57* (4), 649-662. (In Persian)

Ghodsipour, H. (2005). *Analytical Hierarchy process.* Tehran: Amirkabir University of Technology. (In Persian)

Gibbs, J. P. (1998). Distribution of Woodland Amphibians along a Forest Fragmentation Gradient.

Landscape Ecology, 13 (4), 263- 268.

Gorte, R. W. & Sheikh, P. A. (2010). Deforestation and Climate Changing. CRS Report for Congress, Washington, DC.

Grashof-Bokdman, C. (1997). Forest Species in an Agricultural Landscape in the Netherlands: Effect of Habitat Fragmentation. *Journal of Vegetation Science, 8* (1), 21-28.

Jazirehi, M. H. & Ebrahimi Rostaghi, M. (2004). *Silviculture in Zagros.* Tehran: University of Tehran. (In Persian)

Kučas, A. (2010). Location Prioritization by Means of Multicriteria Spatial Decision-support Systems: A Case Study of Forest Fragmentation-based Ranking of Forest Administrative Areas. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 18* (4), 312- 320.

Mahdavi, A., Rangin, S., Mahdizadeh, H. & Mirzaiizadeh, V. (2018). Modelling deforestation of Zagros forests using logistic regression (Case study: Chardavol forests of the Ilam Provinc). *Geography and Sustainable Environment, 27*, 1-13. (In Persian)

Makropoulos, C., Butler, D. & Maksimovic, C. (2003). A Fuzzy Logic Spatial Decision Support System for Urban Water Managmnent. *Water Resource Planning Management, 129* (1), 69-77.

Malczewski, J. (2004). Gis-based multicriteria decision analysis: a Survey of the Literature. *International Journal of Geographical Information Science, 20* (7), 703- 726.

Moradi, R. (2010). *Investigation of the structure and extent of forest changes in the northern Zagros using SPOT5 satellite images (Case study: Baneh forests).* M.Sc thesis in Forestry: University of Kurdistan. (In Persian)

Naseri, H. R., Azizkhani M. J. & Maknouni, S. (2009). Investigation of GIS and MCDM for selection of appropriate site for artificial recharge (Case study: Chahaderaz region, Kerman Province), *Iranian Journal of Geology, 10* (3), 97-105. (In Persian)

Nekooimehr, M., Rafatnia, N., Raisian, R., Jahanbazi, H., Talebi, M. & Abdolahi, Kh. (2006). Impact of road construction on forest destruction in Bazoft region, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 14* (3), 228-243. (In Persian)

Pir Bavaghar, M. (2005). *Investigation of forest area changes in relation to topographic factors and man-made areas (Case study: forests of eastern Gilan province).* M.Sc thesis in Forestry: University of Tehran. (In Persian)

Pir Bavaghar, M. (2015). Deforestation modelling using logistic regression and GIS. *Journal of Forest Science, 61* (5), 193-199.

Pir Bavaghar, M., Ghazanfari, H. & Rahimi, S. (2019). Comparison of analytical hierarchy process and fuzzy method in deforestation risk zoning. ISPRS – in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. (pp. 851-856), Tehran: ISPRS-archives.

Pokhriyal, P., Rehman, S., Areendran, G., Raj, K., Pandey, R., Kumar, M., Sahana, M. & Sajjad, H. (2020). Assessing forest cover vulnerability in Uttarakhand, India using analytical hierarchy process. *Modeling Earth Systems and Environment, 6*, 821-831.

Pourhashemi, M. (2005). *Investigation of natural regeneration of oak species in Marivan forests.* M.Sc thesis in Forestry: University of Tehran. (In Persian)

Ranjbar, A. (2003). Investigation and estimation of forest degradation trends using GIS and remote sensing data, M.Sc thesis in Geographic information system, Khajeh Nasir Toosi University of Technology. (In Persian)

Rezaei Banafsheh, M., Rostamzadeh, H. & Feyzzadeh, B. (2008). The study and evaluation of the trend of forest surface changes using the remote sensing and GIS: a case study of Arasbaran forests (1987-2005). *Geographical Research Quartely, 39* (62), 143-159. (In Persian)

The center for research and development of northern Zagros forests (2005). *Multi-purpose forestry plan with emphasis on the organization and management of Galazni in Armardeh area*. Sanandaj: University of Kurdistan. (In Persian)

Tucker, C.M., Munroe, D.K., Nagendra, H. & Southworth, J. (2005). Comparative spatial analyses of forest conservation and change in Honduras and Guatemala. *Conservation and Society, 3* (1), 174-200.

Voight, C., Hernandez-Aguilar, K., Gutierrez, S., & Garcia, Ch. (2018). Utilizing GIS and remote sensing to inform spatial conservation planning: assessing vulnerability to future tropical forest loss in southern Belize, *Proceedings*, *2* (337), 1-6.

Yazdani, S. & Abbasi, A. (2010). Estimating Economic and Environmental Values of Forests: A Case Study of Kheirood Forest in Novshahr. *Journal of Agricultural Economics Research, 2* (7), 33-54. (In Persian)

Zhang, Q., Devers, D., Desch, A., Justice, Ch. & Townshend, J. (2003). Mapping Tropical Deforestation in Central Africa. *Environmental Monitoring and Assesment, 101*, 69- 83.